

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.
H01Q 3/26

(11) 공개번호 특 2002-0019600
(43) 공개일자 2002년 03월 12일

(21) 출원번호 10-2002-7001460
(22) 출원일자 2002년 02월 01일
 번역문제출일자 2002년 02월 01일
(86) 국제출원번호 PCT/CN2000/00178 (87) 국제공개번호 WO 2001/11719
(86) 국제출원출원일자 2000년 06월 26일 (87) 국제공개일자 2001년 02월 15일
(81) 지정국
 국내특허 : 알바니아 아르메니아 오스트리아 오스트레일리아 아제르바이잔 보스니아-헤르체고비나 바베이도스 불가리아 브라질 벨라루스 캐나다 스위스 쿠바 체코 독일 덴마크 에스토니아 스페인 핀란드 영국 그루지야 헝가리 이스라엘 아이슬란드 일본 케냐 키르기즈 북한 대한민국 카자흐스탄 세인트루시아 스리랑카 라이베리아 레소토 리투아니아 룩셈부르크 라트비아 몰도바 마다가스카르 마케도니아 몽고 말라위 멕시코 노르웨이 뉴질랜드 슬로베니아 슬로바키아 타지키스탄 투르크메니스탄 터키 트리니다드토바고 우크라이나 우간다 미국 우즈베키스탄 베트남 폴란드 포르투갈 루마니아 러시아 수단 스웨덴 싱가포르 아랍에미리트 코스타리카 도미니카연방 모로코 탄자니아 남아프리카 인도 인도네시아 그레나다 가나 감비아 크로아티아 시에라리온 유고슬라비아 짐바브웨 AP ARIPO특허 : 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 우간다 시에라리온 가나 감비아 짐바브웨 모잠비크 탄자니아
 EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄
 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 핀란드 사이프러스
 OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디부아르 카메룬 가봉 기네 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고 기네비소

(30) 우선권주장 99111350.0 1999년 08월 10일 중국 (CN)
(71) 출원인 차이나 아카데미 오브 텔레커뮤니케이션즈 테크놀로지
 중국 파.알.베이징 100083 하이 디엔 디스트릭트 쉬에 위안 로드 넘버 40 리시해
(72) 발명자 중국베이징 100083하이디엔디스트릭트쉬에위안로드넘버40
(74) 대리인 유미특허법인

심사청구 : 없음

(54) 스마트 배열 안테나의 교정 장치 및 방법

요약

본 발명은 실시간에서 스마트 배열 안테나를 교정하는 데 사용되는 스마트 배열 안테나의 교정 장치와 방법에 관한 것이다. 결합 구조물과 피더케이블 및 파일럿 송수신기를 합하여 교정 링크로 설정하며, 벡터망 분석기가 있는 결합 구조물을 미리 교정하고 그 결합 구조물의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 각각 저장하며, 각 수신 링크와 기준 링크의 전달계수를 조정하여 크기를 같게 하고 위상차 (ϕ)를 기저대역 프로세서에 기록하고 저장하여 스마트 배열 안테나의 수신 교정을 하고, 각 송신 링크와 기준 링크의 전달계수를 조정하여 크기를 같게 하고 위상차 (ψ)를 기저대역 프로세서에 기록하고 저장하여 송신 교정을 한다. 본 발명의 결합 구조물은 공간적 결합방식을 이용한 파일럿 안테나에 의해 또는 수동 네트워크에 의해 구현된다.

도표도

도

색인어

스마트 배열 안테나, 교정, 링크, 파일럿 안테나, 수동 네트워크, CDMA 시스템, 결합 구조물, 기지국, 벡터망 분석기

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 무선 통신 시스템의 스마트 안테나 기술에 관한 것이고, 특히 스마트 배열 안테나의 교정 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

현대 무선 통신 시스템, 특히 CDMA 무선 통신 시스템에서는 시스템 용량과 시스템 감도를 높이고 더욱 낮은 방출 에너지로 더 긴 통신 거리를 확보하기 위해 일반적으로 스마트 안테나를 사용한다.

중국특허 '스마트 안테나 시분할 2중 동기식 코드 분할 다중 접속 무선 통신 시스템(Time Division Duplex Synchronous Code Division Multiple Access Wireless Communication System with Smart Antenna)'(CN 97 1 04039. 7)에는 스마트 안테나의 무선 통신 시스템 기지국 구조가 기재되어 있다. 기지국은 하나 또는 복수의 안테나 유닛 및 이에 대응하는 무선 주파수 피더케이블과 코히런트(coherent) 무선 주파수 송수신기 집합으로 이루어진 배열 안테나를 포함한다. 사용자 단말기로부터 받은 신호에 대한 배열 안테나의 각 안테나 유닛의 서로 다른 반응에 따라 기지대역 프로세서는 신호의 특성벡터와 DOA(direction of arrival)를 산출한다. 그 다음, 이에 대응하는 알고리즘에 따라 안테나 수신 빔 형성이 수행된다. 하나의 안테나 유닛과 이에 대응하는 피더케이블 및 코히런트 무선 주파수 송수신기를 합하여 링크라고 한다. 각 링크의 업링크 수신 빔 형성으로부터 얻어지는 다운링크 송신 빔 형성에 대한 가중치(weight)를 사용함으로써 스마트 안테나의 모든 기능이 대칭 라디오파 전파(symmetrical radio wave propagation)하에서 수행된다.

위에서 언급한 중국특허에서 스마트 안테나가 수신 빔과 송신 빔을 정확히 결합하기 위해서는 스마트 배열 안테나를 이루는 각 안테나 유닛, 무선 주파수 피더케이블 및 무선 주파수 송수신기 사이의 차이점을 알아야 한다. 즉, 무선 주파수 신호가 각 링크를 통과한 후의 진폭 변화와 위상 변화를 알아야 하고, 스마트 안테나 시스템의 링크간의 차이를 구하는 과정은 본 발명의 스마트 안테나 교정의 관건사이다.

스마트 배열 안테나의 교정은 스마트 안테나의 핵심 기술이다. 왜냐하면 무선 주파수 스마트 안테나 시스템을 이루는 전자소자, 특히 능동소자는 작동주파수와 주위온도, 작동시간 등에 민감한 특성을 가지기 때문이다. 이러한 이유 때문에 각 링크의 특성 변화도 같을 수가 없다. 따라서 스마트 안테나 시스템의 교정은 언제나 이루어져야 한다.

요즈음 스마트 안테나 교정 방법은 두 가지가 있다. 한 방법은 직접 측정 방법(direct measure method)이다. 모든 무선 주파수 송수신기 집합에 대하여, 그 진폭과 위상에 관계된 데이터를 얻어낸 후, 측정된 진폭에 안테나 유닛과 피더케이블의 위상 특성을 추가하여 교정 데이터 집합을 만드는 방법이다. 이 방법의 교정절차는 매우 복잡하여 실제로 측정하기가 어려우며, 특히 작동 중인 무선통신시스템에서 더욱 어렵다. 다른 방법은 안테나의 원방계 영역에서 파일럿 송수신기로 교정하는 방법이다. 하지만 이 방법은 파일럿 송수신기가 다중경로 전파(multipath propagation)없이 원방계 영역에 위치할 것을 요구하고 있으며, 역시 실제로 구현하는 것이 어렵다. 따라서 위의 두 방법의 단점은 자명하다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 기술적 과제는 스마트 안테나 시스템의 실용화를 위해 실시간에서 스마트 배열 안테나를 교정하는 장치와 방법을 제공하는 것이다. 또한 본 발명의 장치는 본 발명의 방법을 효율적으로 구동시키기 위한 것이다.

나아가 또 하나의 과제는 본 발명의 방법을 효율적으로 구동시키는 스마트 배열 안테나 교정용 결합 구조물(coupling structure)의 두 가지 설계와 교정 방법을 제공하기 위한 것이다.

스마트 배열 안테나를 교정하는 본 발명의 방법은 다음 네 단계로 이루어진다.

1. 스마트 배열 안테나의 N개의 안테나 유닛과 결합된 결합 구조물, 기지대역 프로세서에 디지털 버스로 연결된 파일럿 송수신기 및 피더케이블의 연결로 이루어진 교정 링크를 설정하는 단계.
2. 스마트 배열 안테나가 작동하기 전에 벡터망 분석기가 있는 결합 구조물을 교정하고, 상기 결합 구조물의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 각각 기록하는 단계.
3. 파일럿 송수신기 내의 아날로그 송신기로 설정 작동 반송 주파수에서 규정된 전압으로 신호를 보내고, 교정되는 기지국의 N개 링크들을 수신상태에 있게 하고, 기지국의 기지대역 프로세서로 각 수신 링크의 출력을 각각 측정하며, 각 수신 링크의 출력에 따라 수신 중에 기존 링크의 전달계수에 대한 각 링크의 전달계수의 비율을 계산하고, 기존 링크의 전달계수에 대한 각 수신 링크의 전달계수의 크기비율이 1이 되도록 각 링크의 아날로그 수신기에 있는 가변이득 증폭기의 조정으로 각 수신 링크의 출력을 조절하고, 각 수신 링크와 기존 링크간의 위상차(ϕ)를 기지대역 프로세서에 기록하고 저장하는 단계를 포함하는 수신 교정단계.
4. N개의 링크 중 어떤 순간에 오직 하나의 링크만을 수신상태에 있게 하고 나머지 다른 송신 링크는 닫힌 상태에 있게 하며, 파일럿 송수신기 내의 아날로그 수신기로 설정 작동 반송 주파수에서 각 송신 링크에서 나온 신호를 수신하며, 기지국의 기지대역 프로세서로 수신된 신호를 처리하여 송신 중에 기존 링크의 전달계수에 대한 각 링크의 전달계수의 비율을 계산하고, 송신 중에 기존 링크의 전달계수에 대한 각 링크의 전달계수의 비율이 1이 되도록 각 링크의 아날로그 송신기 내의 가변이득 증폭기를 조정하여 각 송신 링크의 출력을 조절하며, 각 송신 링크와 기존 링크간의 위상차(ψ)를 기지대역 프로세서에 기록하

고 저장하는 단계를 포함하는 송신 교정단계.

백터량 분석기가 있는 결합 구조물의 교정단계는, 파일럿 안테나와 공간적 결합방식을 설정하는 단계, 백터량 분석기를 파일럿 신호의 피더케이블 단자와 교정되는 링크의 안테나 유닛 단자에 연결하고, 교정되지 않는 링크의 안테나 유닛 단자는 정합부하에 연결하여, 필요한 작동 반송 주파수에서 교정되는 링크의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 측정하고 기록하는 단계, 그리고 N개 링크의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 모두 측정하고 기록할 때까지 이와 같은 단계를 반복하는 단계를 더 포함한다.

백터량 분석기가 있는 결합 구조물의 교정 단계는 N개의 커플러와 N개의 커플러에 연결된 1:N 수동 분산기/결합기로 이루어진 수동 네트워크 결합 구조물을 설치하고, N개의 커플러를 각각 스마트 배열 안테나의 N개의 안테나 유닛들의 안테나 단자에 연결하여, 상기 수동 분산기/결합기의 출력단자는 파일럿 신호의 피더케이블 단자가 되는 단계, 상기 백터량 분석기에 파일럿 신호의 피더케이블 단자와 교정되는 링크의 안테나 유닛 단자를 연결하고 교정되지 않는 링크의 안테나 유닛은 정합부하에 연결하여, 각 필요한 작동 반송 주파수에서 교정되는 링크의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 측정하고 저장하는 단계, 그리고 이와 같은 단계를 N개 링크의 모든 수신 전달계수와 송신 전달계수를 측정하고 저장할 때까지 반복하는 단계를 포함한다.

스마트 배열 안테나의 교정을 위한 본 발명의 장치는 스마트 배열 안테나의 N개의 안테나 유닛에 연결된 이미 교정된 결합 구조물, 디지털 베이스로 기지국내의 기저대역 프로세서와 연결되는 파일럿 송신기, 그리고 결합 구조물과 파일럿 송수신기에 연결되는 피더케이블로 이루어진다.

결합 구조물이 공간적 결합방식으로 파일럿 안테나를 지니며, 파일럿 안테나는 스마트 배열 안테나를 이루는 N개의 안테나 유닛의 방사방향성도(radiation directivity diagram)의 작동 메인로브(working main lobe)에 위치하고, 파일럿 안테나의 안테나 단자가 파일럿 신호의 피더케이블 단자가 된다.

스마트 배열 안테나를 이루는 N개의 안테나가 전 방향성 안테나인 경우, 파일럿 안테나는 각 안테나 유닛의 근방계 영역의 어떤 위치에라도 위치할 수 있다.

결합 구조물은 스마트 배열 안테나의 N개의 안테나 유닛에 대응하여 N개의 안테나 유닛의 안테나 단자에 각각 연결된 N개의 커플러와 N개의 커플러에 연결된 1:N 수동 분산기/결합기를 포함하는 수동 네트워크로 되어 있고, 수동 분산기/결합기의 출력단자는 파일럿 신호의 피더케이블 단자가 된다.

파일럿 송수신기는 기지국의 무선 주파수 송수신기와 같은 구조로서, 듀플렉서, 듀플렉서에 연결된 아날로그 수신기와 아날로그 송신기 및 아날로그 수신기에 연결된 A-D 변환기와 아날로그 송신기에 연결된 D-A 변환기를 포함하고, 듀플렉서의 무선 주파수 인터페이스는 결합 구조물의 피더케이블에 연결되고 A-D 변환기와 D-A 변환기는 디지털 베이스에 연결된다.

아날로그 수신기에는 소프트웨어로 제어되는 이득조정용 가변이득 증폭기가 설치되어 있고, 아날로그 송신기에도 소프트웨어로 제어되는 이득조정용 가변이득 증폭기가 설치되어 있다.

본 발명은 파일럿 송수신기와 스마트 배열 안테나에 결합된 결합 구조물 집합을 사용하여 스마트 배열 안테나의 교정 장치와 방법을 제공한다. 여기서 결합 구조물은 2가지 기술적인 설계방식을 사용한다. 하나는 근방계 영역 또는 원방계 영역에 위치한 기하학적 대형구조를 갖는 파일럿 안테나와 배열 안테나로서 스마트 안테나 시스템을 교정하는 방법을 사용한다. 여기서 파일럿 안테나와 교정에 관한 소프트웨어가 무선 기지국의 한 부분을 이룬다. 다른 하나는 결합구조를 구현하고 스마트 배열 안테나를 교정하기 위하여 커플러들과 분산기/결합기로 이루어진 수동 네트워크를 사용하는 것이다. 2가지 기술적인 설계방식 중 어느 것이라도 언제나 스마트 안테나가 있는 기지국을 매우 쉽게 교정하게 하며, 언제나 무선 주파수 부분과 요소를 변하게 할 수 있어, 스마트 안테나 시스템의 공학적인 실제 문제점을 완전히 해결할 수 있다.

본 발명의 장치와 방법은 주로 CDMA 무선통신 시스템의 교정을 위한 것이지만, 제공된 방법과 장치에 단순한 변화를 가하면 이것은 FDMA와 TDMA 무선 통신 시스템의 교정에도 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 장치와 방법을 사용한 무선 통신 기지국을 보여주고 있다.

도 2는 아날로그 송수신기를 보여주고 있다.

도 3은 파일럿 안테나를 이용한 결합 구조물을 보여주고 있다.

도 4는 스마트 배열 안테나에서 분산기/결합기(distributor/combiner)와 커플러(coupler)로 이루어진 결합 구조물의 연결을 보여주고 있다.

도 5는 본 발명의 또 다른 결합 구조물을 보여주고 있다.

도 6은 결합 구조물을 교정하는 절차의 순서도이다.

도 7은 스마트 안테나를 교정하는 절차의 순서도이다.

실시예

실시예와 도면을 참고하여 본 발명의 장치와 방법에 대하여 다음과 같이 상세하게 설명한다.

도 1은 스마트 안테나가 있는 이동통신 시스템이나 무선 사용자 루프 시스템 등에서 본 발명의 장치와 방법을 사용하는 무선 통신 시스템의 전형적인 기지국 구조를 보여주고 있다. 교정부를 제외한 기지국 구조는 종국특허 '스마트 안테나 시분할 2중 동기식 코드 분할 다중 접속 무선 통신 시스템(Time Division Duplex Synchronous Code Division Multiple Access Wireless Communication System with Smart

Antenna) (CN 97 1 04039. 7)에 소개된 기지국 구조와 비슷하다. 그것은 주로 N개의 동일한 안테나 유닛 (201A, 201B, ..., 201N)과 N개의 거의 동일한 피더케이블(202A, 202B, ..., 202N)과 N개의 무선 주파수 송수신기(203A, 203B, ..., 203N), 그리고 기저대역 프로세서(204)를 포함하고 있다. 모든 무선 주파수 송수신기(203)에는 A-D 변환기(ADC)와 D-A 변환기(DAC)가 있어서, 무선 주파수 송수신기의 입출력 기저대역 신호는 모두 디지털 신호가 된다. 이들은 고속 디지털 버스(209)로 기저대역 프로세서(204)와 연결되고, 각 무선 주파수 송수신기가 코히런트(coherent)하게 작동하도록 하기 위해 하나의 동일한 국부 발진기(208)를 사용한다.

이 기지국 구조에 기초하여 스마트 안테나의 실시간 교정을 하기 위하여 결합 구조물(205)(결합 무선 주파수 회로)과 피더케이블(206) 및 파일럿 송수신기(207)로 이루어진 교정 링크가 다른 배열 안테나에 따라 추가된다.

결합 구조물(205)은 N개의 피더케이블(202A, 202B, ..., 202N)에 연결된다. 피더케이블(206)은 결합 구조물(205)과 파일럿 송수신기(207)를 연결하는 데 쓰인다. 파일럿 송수신기(207)는 고속 디지털 버스(209)와 연결되고, 모든 무선 주파수 송수신기(203)처럼 하나의 동일한 국부발진기(208)를 사용한다.

도 2는 도 1의 무선 주파수 송수신기(203) 또는 파일럿 송수신기(207)의 구조를 도시하고 있다. 송수신기(203, 207)는 듀플렉서(210), 아날로그 수신기(211)와 A-D 변환기(212), 아날로그 송신기(213)와 D-A 변환기(214)를 포함하고 있다. 아날로그 수신기(211)에는 이득조정용 가변이득 증폭기(215)(소프트웨어로 제어가능)가 설치되어 있다. 아날로그 송신기(213)에도 이득조정용 가변이득 증폭기(216)(소프트웨어로 제어가능)가 설치되어 있다. 듀플렉서(210)의 무선 주파수 인터페이스(217)는 피더케이블(202, 206)에 직접 연결된다. A-D 변환기(212)와 D-A 변환기(214)는 고속 디지털 버스(209)를 통해 기저대역 프로세서(204)에 연결된다.

도 1에 도시한 기지국 구조를 사용하는 스마트 안테나 시스템에서는 총 N개의 송신 및 수신 링크가 있다. 각 링크는 안테나 유닛(201A, 201B, ..., 201N), 피더케이블(202A, 202B, ..., 202N)과 무선 주파수 송수신기(203A, 203B, ..., 203N)의 연결체로 이루어져 있으며, 그 외에 파일럿 송수신기(207)와 대용 결합 구조물(205, 206)로 이루어진 교정 링크가 있다.

A번째 링크를 기준 링크로 정하면(어떠한 링크도 기준 링크로 정할 수 있다.) 교정 스마트 안테나 시스템은 설정 작동 반송 주파수에서 송신과 수신을 하면서 전달계수의 크기와 기준 링크와 다른 링크간의 위상차를 얻어낸다. 따라서 본 발명에서 스마트 안테나의 교정은 안테나 피더케이블과 아날로그 송수신기를 포함한 전체 시스템의 교정이다.

도 1에서 관측 기준점으로서 안테나의 원방계 영역 중의 한 점 A를 잡고, 기지국의 송수신기(203)의 기저대역 인터페이스(B: B₁, ..., B_i, ..., B_N)중의 B_i를 잡아보면 스마트 안테나의 전송특성은 다음 식과 같이 표현된다.

$$Ar_i = Sr_i \times R_i \times br$$

$$Bt_i = St_i \times T_i \times at$$

여기에서 i = 1, 2, ..., N 은 각각 첫 번째 링크부터 N번째 링크까지 나타낸다. [수학식 1]에서 Ar_i는 점 A에서 방사되는 동안 i번째 링크의 점 B_i에서의 수신 신호를 나타내고, Sr_i는 공간적 전파에 의해 발생하는 i번째 링크의 수신 약화(degradation)를 나타낸다. R_i는 i번째 링크의 수신시 전달계수를 나타내고, br은 수신시 점 A에서 송신하는 신호를 나타낸다. [수학식 2]에서 Bt_i는 i번째 링크의 점 B_i에서 방사시에 수신되는 점 A에서의 수신 신호를 나타내고, St_i는 i번째 링크에서 송신시 공간적 전파에 의해 생기는 송신 신호의 약화(degradation)를 나타낸다. T_i는 i번째 링크에서 방사시 전달계수를 나타내고, at는 방사시 점 B_i에서 송신하는 신호를 의미한다. 두 식의 송신신호 br과 at는 각각 모두 디지털 신호이기 때문에 교정 중에 변하지 않는다.

본 발명의 교정 동작은 실시간에서 i번째 링크의 수신 및 송신을 나타내는 전달계수(R, T_i)와 기준 링크의 전달계수의 차이를 각각 구하는 것이다.

본 발명구현의 기본수단은 파일럿 송수신기(207), 관련 피더케이블(206)과 결합 구조물(205)을 설치하여 기준점(A)을 배열 안테나 즉 피더케이블(206)의 출력단자(C)로 옮기는 것이다. 그러면 [수학식 1]과 [수학식 2]는 각각 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$ACr_i = Cr_i \times R_i \times br$$

$$BCt_i = Ct_i \times T_i \times at$$

여기에서 i = 1, 2, ..., N은 각각 첫 번째 링크부터 N번째 링크까지 나타낸다. [수학식 3]에서 ACr_i는 점 C에서 방사시 점 B_i에서 수신되는 i번째 링크의 신호를 의미하며, Cr_i는 i번째 링크에서 수신 테스트시

결합 구조물의 전달계수를 나타낸다. [수학식 4]에서 BCt는 점 B에서 방사시에 수신되는 점 C에서의 수신신호를 나타내고, Ct는 i번째 링크에서 송신 테스트시 결합 구조물의 전달계수를 나타낸다.

결합 구조물이 수동 네트워크로 설계된다면 이 결합 구조물은 호환성을 가진다. 즉, 다음과 같은 식이 성립한다.

$$Cr_i = Ct_i = C_i$$

[수학식 5]를 [수학식 3]과 [수학식 4]에 대입하면, 다음과 같은 식이 얻어진다.

$$R_i = ACr_i / (C_i \times br)$$

$$T_i = BCt_i / (C_i \times at)$$

본 발명에서 어떤 링크도 기준 링크로 정할 수 있으므로, 1 링크를 기준 링크로 정한다면 [수학식 6]과 [수학식 7]은 다음과 같이 변형시킬 수 있다.

$$R_i / R_1 = ACr_i \times C_1 / (C_i \times ACr_1)$$

$$T_i / T_1 = BCt_i \times C_1 / (C_i \times BCt_1)$$

여기서 $i = 2, \dots, N$ 은 각각 두번째 링크부터 N번째 링크까지 나타내며, ACr_i , BCt_i , ACr_1 와 BCt_1 는 실시 상태에서 측정가능하고, C_i 와 C_1 는 미리 교정가능하고 결합 구조물에 의해 결정된다. 따라서 스마트 안테나 시스템의 교정에 필요한 R_i/R_1 와 T_i/T_1 가 간단히 계산될 수 있다.

도 3은 본 발명의 결합 구조물, 즉 파일럿 안테나가 부착된 공간적 결합방식구조를 도시하고 있다. 파일럿 안테나(230)는 교정되는 배열 안테나에 비교해서 상대적으로 물리적으로 고정된 위치에 있다. 파일럿 안테나(230)는 배열 안테나의 방사방향성도(radiation directivity diagram)에서 안테나 유닛의 작동 메인로브(working main lobe)에 있어야 한다. 각 안테나 유닛이 전 방향성 안테나일 때 파일럿 안테나는 안테나유닛의 근방계 영역을 비롯한 어느 위치에서든지 설치될 수 있다.

이 결합 구조물을 사용하는 경우, 교정 방법은 다음과 같다. 벡터망 분석기(231)를 파일럿 안테나(230)의 파일럿 신호 피더케이블 단자(0)와 교정되어야 하는 i번째 링크의 안테나 단자(E_i)에 연결한다. 이와 동시에, 교정되어야 하는 다른 안테나 단자(E_1, E_2, \dots, E_n)를 각각 정합부하(232A, 232B, \dots , 232N)에 연결한다. 그 다음, 벡터망 분석기(231)로 교정되어야 하는 i번째 링크의 전달계수(C_i)를 구한다. 이렇게 N번 측정하면 모든 링크의 전달계수($C_1, \dots, C_i, \dots, C_n$)를 구할 수 있다.

이 결합 구조물의 장점은 간단하고, 교정 중에 모든 안테나 유닛의 불일정성(non-consistency)이 고려될 수 있다는 점이다. 그러나 단점은 파일럿 안테나의 위치가 제한된다는 것이다. 교정 정확도를 위해서는 교정되는 스마트 배열 안테나의 작동범위의 원방계 영역에 파일럿 안테나가 설치되어야 하기 때문에 실제로 구현하기가 매우 어렵다. 따라서 안테나 유닛이 전 방향성 안테나인 경우에 한하여 파일럿 안테나는 그 근방계 영역에 설치될 수 있고, 근방계 영역 특성을 원방계 영역 특성으로 대체할 수 있게 되어 교정이 실제적으로 가능해진다. 예를 들면, 링 배열 안테나를 사용할 경우 파일럿 안테나는 근방계 영역 측도의 신뢰도를 보장하는 기하학적 대칭성으로 인하여 링 배열 안테나의 중심에 설치될 수 있다.

도 4는 분산기/결합기(distributor/combiner)와 커플러(coupler), 그리고 커플러에 연결된 스마트 배열 안테나(201A, 201B, \dots , 201N)로 이루어진 수동 네트워크 결합 구조물(240)을 도시하고 있다. 이 결합 구조물은 N개의 안테나(201)에 대응하는 N개의 커플러(242A, 242B, \dots , 242N)와 1:N 수동 분산기/결합기(241)를 포함하고 있다. 각 커플러(242)는 각 안테나 유닛(201A, 201B, \dots , 201N)과 그 피더 케이블(202A, 202B, \dots , 202N) 간의 연결점(E_1, E_2, \dots, E_n)에 위치한다. 이 결합 구조물은 배열 안테나에 탑재되기 전에 독립적으로 교정되어 있다.

도 5에 도시한 것처럼, 도 4에 도시한 결합 구조물을 적용하였을 때 교정 방법은 다음과 같다. 벡터망 분석기(231)를 파일럿 안테나(230)의 파일럿 신호기선 단자(0)와 교정되어야 하는 i번째 링크의 안테나 단자(E_i)에 연결하고, 교정되어야 하는 배열 안테나의 다른 안테나 단자들(E_1, E_2, \dots, E_n)은 정합부하(232A, 232B, \dots , 232N)에 각각 연결한다. 그 다음에는 교정되어야 하는 i번째 링크의 전달계수(C_i)를 벡터망 분석기(231)로 측정한다. 이렇게 N번 측정하면 모든 링크의 전달계수($C_1, \dots, C_i, \dots, C_n$)가 얻어진다. 도 5의 교정 방법은 도 3의 교정 방법과 동일하다.

도 4의 수동 네트워크 결합 구조물은 도 3의 파일럿 안테나 결합 구조물보다 훨씬 복잡하고, 각

안테나 유닛의 불일정성(non-consistency)이 교정 중에 고려될 수 없으나, 어떤 종류의 스마트 안테나 유닛의 교정에도 편리하게 사용될 수 있다.

도 6은 결합 구조물의 교정절차를 도시하고 있다. 이 교정 방법은 도 3과 도 4에 도시한 결합 구조물 모두에 사용될 수 있다. 결합 구조물은 스마트 배열 안테나가 작동되기 전에 교정되고, 얻어진 전달계수 C 는 기지국에 저장된다.

단계(601)에서 교정을 시작하면, 단계(602)에서는 N 개 링크 중의 첫 번째 링크, 즉 $i = 1$ 인 링크를 교정한다. 단계(603)에서는 도 3 또는 도 5에서 도시한 연결방식에서 첫 번째 링크를 교정한다. 단계(604)에서는 첫 번째 교정주파수를 J 개의 작동 반송 주파수의 첫 번째 작동 반송 주파수(즉, $j = 1$)와 같아지도록 조정한다. 단계(605)에서는 첫 번째 링크의 작동 반송 주파수를 첫 번째 작동 반송 주파수와 같도록 조정한다. 단계(606)에서는 벡터망 분석기를 사용하여 교정주파수가 첫 번째 작동 반송 주파수와 같아질 때의 첫 번째 링크의 전달계수(C_i)를 측정한다. 단계(607)에서는 이 측정결과를 기록한다. 단계(608, 611)에서는 $i = J$ 인지 판단하고 $j = j + 1$ 을 계산하여 단계(605 - 608)를 반복한다. 여기서 J 개의 작동 반송 주파수에서의 첫 번째 링크 전달계수를 각각 구한다. 단계(609, 610)에서 모든 작동 반송 주파수의 측정이 완료될 때까지 이러한 측정을 반복한다. 그리고, $i = N$ 인가를 판단하고 $i = i + 1$ 의 연산을 해서 단계(604 - 608)를 반복한다. 여기서 J 개의 작동 반송 주파수에 대해 N 개의 링크의 전달계수를 측정하고 측정결과를 기록한다.

필요한 각각의 반송 주파수에 대해 각각의 링크를 측정하고, 모든 측정결과를 저장함으로써 결합 구조물의 교정은 완료되고 전체의 전달계수(C)가 얻어진다.

도 7은 스마트 배열 안테나의 전체 교정 과정을 도시하고 있다. 스마트 배열 안테나가 동작하기 전에 결합 구조물은 도 6에 도시한 절차에 따라 교정되고, 얻어진 수신 및 송신 전달계수(C)는 결합 구조물이 위치한 기지국에 저장된다.

단계(702)에서 우선 수신 교정을 한다. 단계(703)에서 파일럿 송수신기의 송신기는, 교정되어야 하는 기지국의 수신시스템이 정상 작동 전야 하에서 작동하도록 설정된 작동 반송 주파수로 규정된 전야를 송신한다. 단계(704)에서는 교정되어야 하는 기지국의 수신시스템의 모든 송수신기가 수신 상태로 되어 있다. 즉, N 개의 링크가 모두 수신 상태에 있는 것이다. 단계(705)에서는 이 시스템이 설정된 수신 레벨에서 작동하고 각 수신기가 선택영역에서 작동한다는 것을 확실히 하기 위하여 각 수신 링크 출력을 기저대역 프로세서로 의해 측정한다. 각 링크 수신기의 출력과 [수학적 8]에 따라 기저대역 프로세서가 R_i/R_i 를 계산한다. 단계(706, 707)에서는 계산된 R_i/R_i 에 따라 각 수신기의 가변이득 증폭기(도 2의 213, 216)를 조절하여 $|R_i/R_i| = 1$ 이 될 때까지 각 수신 링크의 출력을 조절한다. 스마트 안테나의 작동시 사용될 각 수신 링크와 기준 링크간의 위상차(ϕ_i)를 기저대역 프로세서에 기록 및 저장한다. 단계(708)에서는 $|R_i/R_i| = 1$ 이 될 때 송신 교정 단계로 넘어간다. 단계(709 - 715)에서는 N 개의 송신 링크를 교정할 때 파일럿 송수신기의 수신기는 설정된 작동 반송 주파수에서 각 송신 링크에서 나온 신호를 각각 수신한다. 이 때 N 개의 송신 링크 중 어떤 순간에서 오직 하나의 링크만이 송신상태에 있고 나머지 다른 링크들은 닫혀있게 된다(단계 710). 따라서 파일럿 수신기는 오직 이 링크에서 나온 신호만을 받게 된다. 기준 송신 링크의 송신전력이 정격전압이라는 것을 확인하기 위하여 기준 송신 링크를 즉시 반드시 측정하고 교정하여야 한다. 이러한 조건 하에서 파일럿 송수신기의 수신기는 모든 송신 링크에서 나온 신호를 수신한다(단계 711). 기저대역 프로세서는 측정된 결과를 처리하여 [수학적 9]에 따라 T_i/T_i 를 계산한다(단계 714). 그 후에 이 값에 따라 각 송신링크에 대해 $|T_i/T_i| = 1$ 이 될 때까지 각 송신 링크의 출력이 각 송신기의 가변이득 증폭기에 의해 조절된다(단계 716). 동시에 각 수신 링크와 기준 링크간의 위상차(ψ_i)를 기저대역 프로세서에 기록한다. 지금까지의 과정으로 스마트 안테나의 실시간 교정이 완료된다.

본 발명의 장치와 방법은 CDMA 무선 통신 시스템을 위한 것이지만, 단순한 변화를 가하면 이것은 FDMA와 TDMA 무선 통신 시스템에도 사용될 수 있다. 도 1에 도시한 무선 통신의 기지국 구조는 TDD 무선 통신 시스템의 예이지만, FDD 무선통신 시스템에도 사용될 수 있는 것이다. 무선 통신 시스템 분야에서 연구 개발직에 있는 어떠한 기술자라도 스마트 안테나의 기본원리를 이해하고 본 발명의 장치와 방법을 참고하면 스마트 안테나의 실시간 교정을 구현할 수 있을 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

스마트 배열 안테나의 N 개의 안테나 유닛과 결합된 결합 구조물, 디지털버스로 기저대역 프로세서에 연결된 파일럿 송수신기 및 피더케이블의 연결로 이루어진 교정 링크를 설정하는 단계,

상기 스마트 배열 안테나가 작동하기 전에 상기 결합 구조물을 교정하고, 상기 결합 구조물의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 각각 기록하는 결합 구조물 교정 단계,

스마트 안테나의 작동시 사용하기 위하여 각 수신 링크의 전달계수와 기준 링크의 전달계수의 크기를 같도록 조정하고, 각 수신 링크와 기준 링크간의 위상차(ϕ)를 얻어내어 수신 교정하는 단계, 그리고

스마트 안테나의 작동시 사용하기 위하여 각 송신 링크의 전달계수와 기준 링크의 전달계수의 크기를 같도록 조정하고, 각 수신 링크와 기준 링크간의 위상차(ψ)를 얻어내어 송신 교정하는 단계

를 포함하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 결합 구조를 교정 단계는 벡터망 분석기를 사용하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에서,

벡터망 분석기가 있는 상기 결합 구조를 교정단계는, 파일럿 안테나와 공간적 결합방식을 설정하는 단계,

상기 벡터망 분석기를 파일럿 신호의 피더케이블 단자와 교정되는 링크의 안테나 유닛 단자에 연결하고, 교정되지 않는 링크의 안테나 유닛 단자는 정합부하에 연결하여, 필요한 각 작동 반송 주파수에서 교정되는 링크의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 측정하고 기록하는 단계, 그리고

N개 링크의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 모두 측정하고 기록할 때까지 이와 같은 단계를 반복하는 단계

를 더 포함하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 4

제3항에서,

상기 파일럿 안테나가 상기 스마트 배열 안테나를 이루는 N개의 안테나 유닛들의 방사방향성도 (radiation directivity diagram)의 작동 메인 로브 (working main lobe)에 위치하며, 상기 파일럿 안테나의 안테나 단자는 파일럿 신호의 피더케이블 단자인 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 5

제3항에서,

상기 스마트 배열 안테나를 이루는 상기 N개의 안테나 유닛들이 전 방향성 안테나인 경우에 상기 파일럿 안테나는 상기 각 안테나 유닛의 근방계 영역의 어떤 위치여도 위치하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 6

제1항에서,

상기 수신 교정 단계는,

상기 파일럿 송수신기의 아날로그 수신기로 설정 작동 반송 주파수에서 규정된 전압으로 신호를 보내고, 교정되는 기지국의 N개 링크들이 수신상태에 있게 하는 단계,

기지국의 기저대역 프로세서로 각 수신 링크의 출력을 각각 감지하고, 각 수신 링크 출력에 따라 수신 중에 기준 링크의 전달계수에 대한 각 링크의 전달계수의 비율을 계산하는 단계,

기준 링크의 전달계수에 대한 각 수신 링크의 전달계수의 크기비율이 1이 되도록 각 링크의 아날로그 수신기에 있는 가변이득 증폭기의 조정으로 각 수신 링크의 출력을 조절하는 단계, 그리고

각 수신 링크와 기준 링크간의 위상차(ϕ)를 기저대역 프로세서에 기록하고 저장하는 단계

를 더 포함하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 7

제1항에서,

상기 송신 교정 단계는,

N개의 링크 중 어떤 순간에 오직 하나의 링크만이 송신상태에 있고 나머지 다른 송신 링크는 닫힌 상태에 있게 하고, 상기 파일럿 송수신기 내의 아날로그 수신기로 설정 작동 반송 주파수에서 각 송신 링크에서 나온 신호를 수신하는 단계,

기지국의 기저대역 프로세서로 수신된 신호를 처리하여 송신 중에 기준 링크의 전달계수에 대한 각 링크의 전달계수의 비율을 계산하는 단계,

송신 중에 기준 링크의 전달계수에 대한 각 링크의 전달계수의 비율이 1이 되도록 각 링크의 아날로그 송신기 내의 가변이득 증폭기의 조정으로 각 송신 링크의 출력을 조절하는 단계, 그리고

각 송신 링크와 기준 링크간의 위상차(ψ)를 기저대역 프로세서에 기록하고 저장하는 단계

를 더 포함하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에서,

벡터망 분석기가 있는 상기 결합 구조를 교정 단계는,

N개의 커플러와 N개의 커플러에 연결된 1:N 수동 분산기/결합기로 이루어진 수동 네트워크 결합 구조물을 설치하고, N개의 커플러들을 각각 스마트 배열 안테나의 N개의 안테나 유닛들의 안테나 단자에 연결하며, 상기 수동 분산기/결합기의 출력단자는 파일럿 신호의 피더케이블 단자가 되는 단계,

상기 벡터량 분석기에 파일럿 신호의 피더케이블 단자와 교정되는 링크의 안테나 유닛 단자를 연결하고 교정되지 않는 링크의 안테나 유닛은 정합부하에 연결하여, 각 필요한 작동 반송 주파수에서 교정되는 링크의 수신 전달계수와 송신 전달계수를 측정하고 저장하는 단계, 그리고

이와 같은 단계를 N개 링크의 모든 수신 전달계수와 송신 전달계수를 측정하고 저장할 때까지 반복하는 단계

를 포함하는 스마트 배열 안테나의 교정 방법.

청구항 9

스마트 배열 안테나의 N개의 안테나 유닛에 연결된 이미 교정된 결합 구조물,

디지털 버스로 기지국내의 기저대역 프로세서와 연결되는 파일럿 송수신기, 그리고

상기 결합 구조물과 상기 파일럿 송수신기를 연결하는 피더케이블

을 포함하는 스마트 배열 안테나의 교정 장치.

청구항 10

제9항에서,

상기 결합 구조물이 공간적 결합방식으로 파일럿 안테나를 지니며, 상기 파일럿 안테나는 상기 스마트 배열 안테나를 이루는 상기 N개의 안테나 유닛의 방사방향성도(radiation directivity diagram)의 작동 메인 로브(working main lobe)에 위치하고, 상기 파일럿 안테나의 안테나 단자가 파일럿 신호의 피더케이블 단자인 스마트 배열 안테나의 교정 장치.

청구항 11

제10항에서,

상기 스마트 배열 안테나를 이루는 상기 N개의 안테나가 전 방향성 안테나인 경우, 상기 파일럿 안테나는 각 안테나 유닛의 근방계 영역의 어떤 위치여라도 위치하는 스마트 배열 안테나의 교정 장치.

청구항 12

제9항에서,

상기 결합 구조물은 상기 스마트 배열 안테나의 상기 N개의 안테나 유닛에 대응하여 상기 N개의 안테나 유닛의 안테나 단자에 각각 연결된 N개의 커플러와 상기 N개의 커플러에 연결된 1:N 수동 분산기/결합기를 포함하는 수동 네트워크로 되어 있고, 상기 수동 분산기/결합기의 출력단자는 파일럿 신호의 피더케이블 단자인 스마트 배열 안테나의 교정 장치.

청구항 13

제9항에서,

상기 파일럿 송수신기는 기지국의 무선 주파수 송수신기와 같은 구조로서, 듀플렉서, 상기 듀플렉서에 연결된 아날로그 수신기와 아날로그 송신기 및 상기 아날로그 수신기에 연결된 A-D 변환기와 상기 아날로그 송신기에 연결된 D-A 변환기를 포함하고, 상기 듀플렉서의 무선 주파수 인터페이스는 상기 결합 구조물의 피더케이블에 연결되고 상기 A-D 변환기와 D-A 변환기는 상기 디지털 버스에 연결되는 스마트 배열 안테나의 교정 장치.

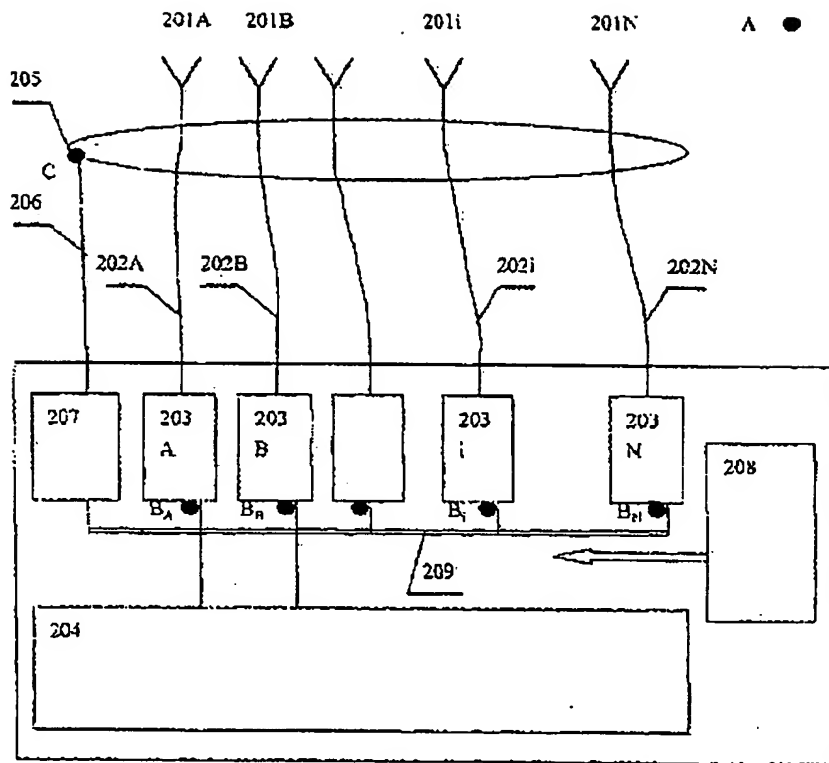
청구항 14

제13항에서,

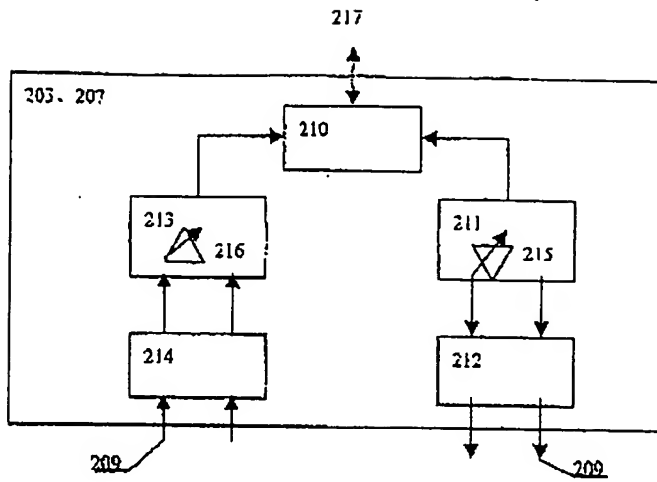
상기 아날로그 수신기에 소프트웨어로 제어되는 이득조정용 가변이득 증폭기가 설치되어 있고, 상기 아날로그 송신기에도 소프트웨어로 제어되는 이득조정용 가변이득 증폭기가 설치되어 있는 스마트 배열 안테나의 교정 장치.

도면

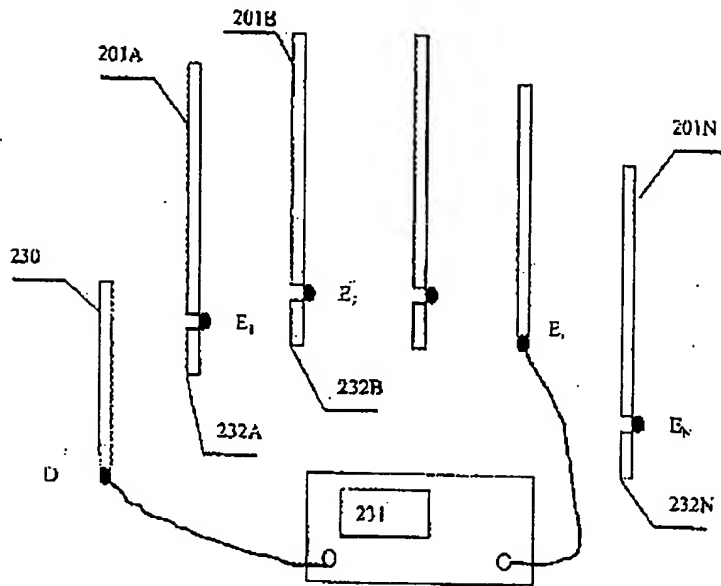
도면 1



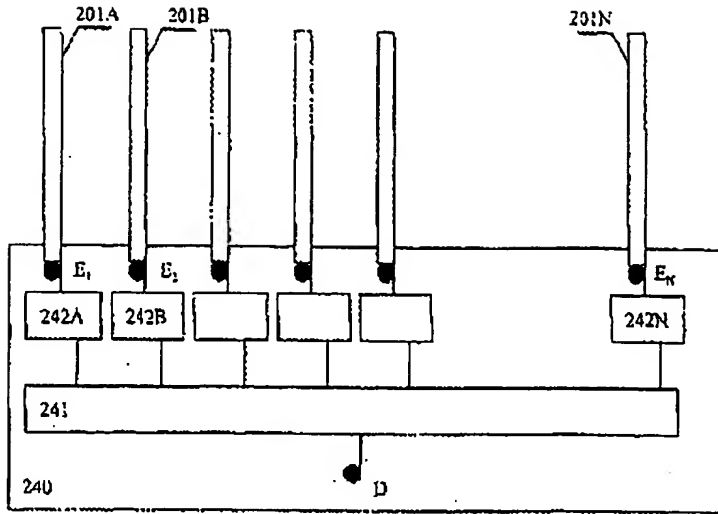
도 2



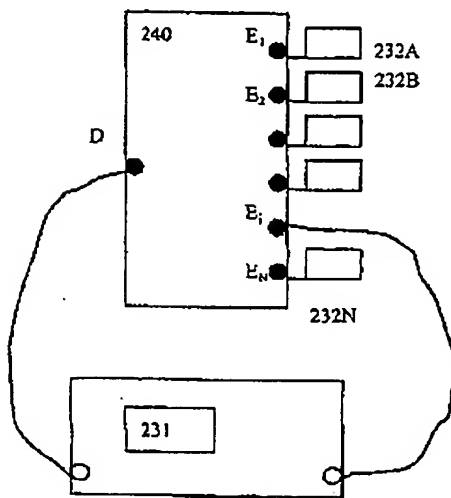
도 3



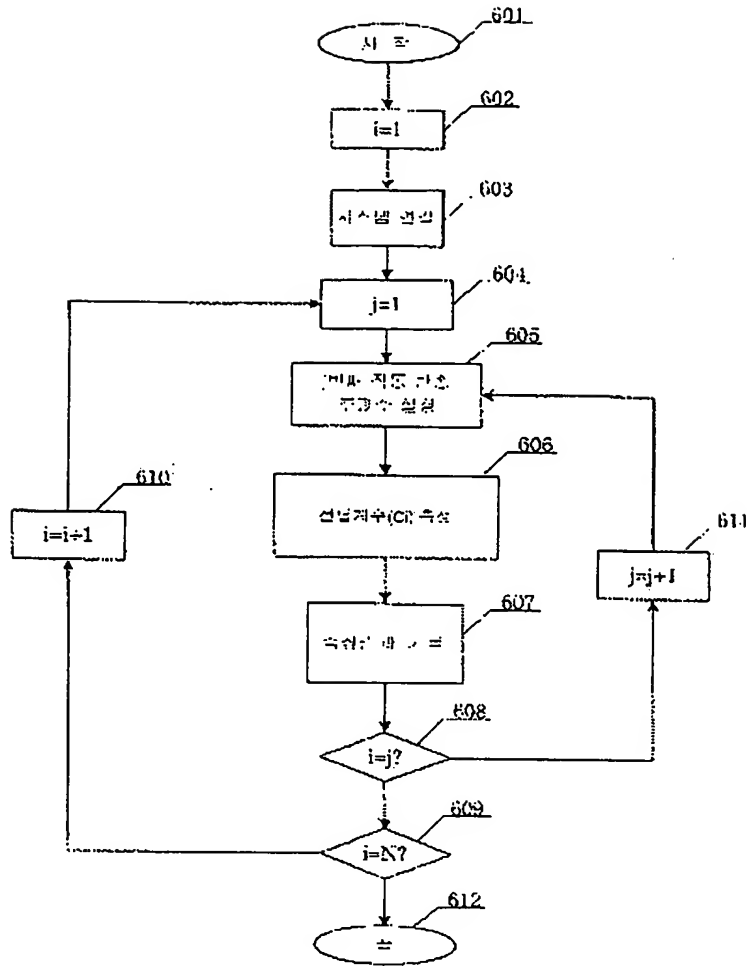
도 4



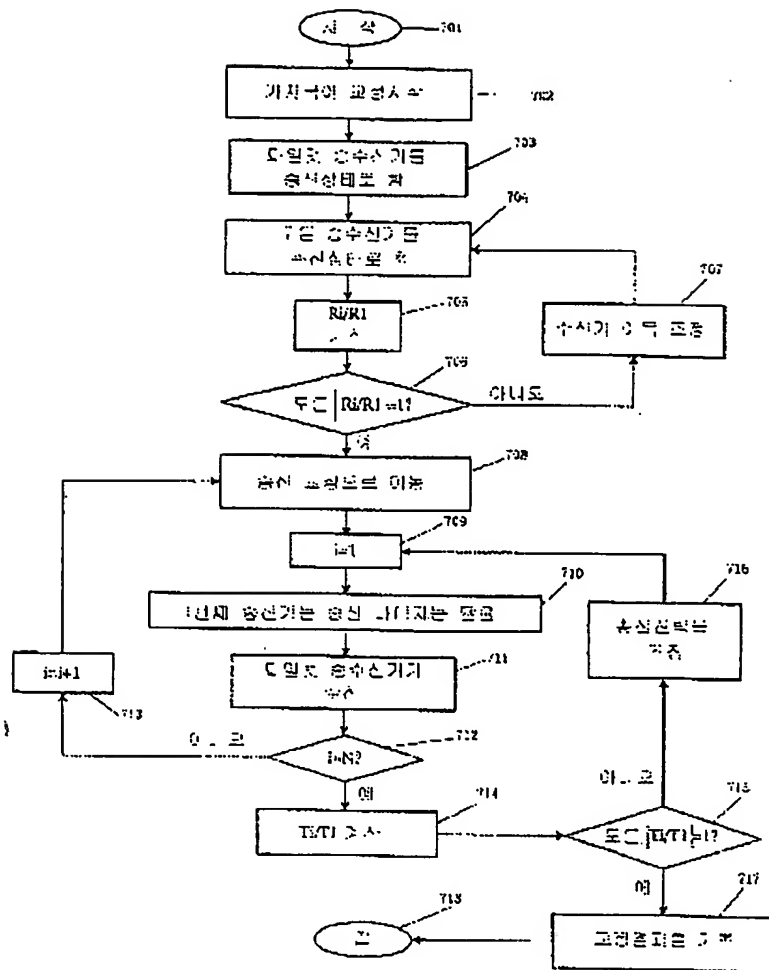
도 5



도 8



도면7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.